

$$\begin{aligned} x &= 3,604 \\ y &= 15,000 \\ R_m &= 15,426 \\ K_m &= 1,234 \end{aligned}$$

Рис.2 – Результат расчета устойчивости откоса

Получено 24.05.2002

УДК 624.011.2 : 668.3

В.И.ТОРКАТЮК, д-р техн. наук, Н.М.ЗОЛОТОВА  
Харьковская государственная академия городского хозяйства

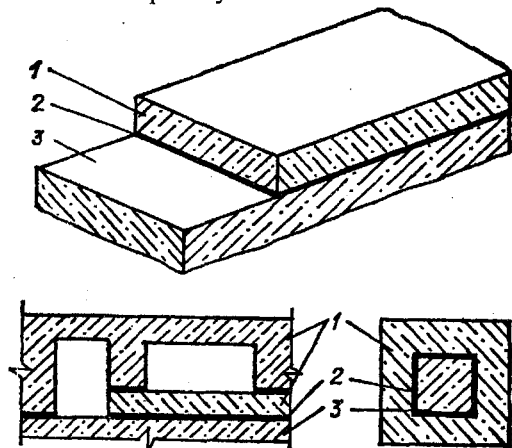
### СКЛЕИВАНИЕ СТАРОГО БЕТОНА С НОВЫМ

Приводятся данные о различных материалах, их прочностных и технологических свойствах, применяемых для соединения старого бетона с новым, а также основные технологические примеры омоноличивания старого бетона новым.

При строительстве производственных зданий и сооружений монолитные бетонные и железобетонные конструкции, как правило, возводят с перерывом в бетонировании: послойное устройство массивных фундаментов; возведение конструкций сложной конфигурации, когда нельзя выставить полностью опалубку на весь объем. При реконструкции выполняют работы по восстановлению и изменению габаритов и конфигурации конструкций. Для обеспечения сцепления на вертикальные, наклонные либо горизонтальные плоскости старого бетона наносят тонкий слой клея. Затем до его отверждения укладывают слой нового бетона с уплотнением при помощи вибрации (рисунок).

В этих случаях при укладке бетона в рабочих стыках между старым и вновь уложенным бетоном образуются ослабленные места в конструкции, из-за наличия которых железобетон теряет свойство монолитности. Основная причина этого явления – пониженная степень сцепления между слоями бетона разновременной укладки. Конструк-

ция становится более слабой к сопротивлению сдвигу, появляется чувствительность к просачиванию влаги и проникновению опасных для бетона или арматуры растворенных веществ. Значительно понижается сопротивление воздействию низких и высоких температур, знакопеременных и повторных усилий.



Клеевое соединение старого и нового бетона:  
1 — новый бетон; 2 — клеевой слой; 3 — старый бетон

Для улучшения сцепления и увеличения прочности соединения старого и нового бетонов можно добавлять во вновь укладываемый бетон специальные добавки или использовать для омоноличивания стыка полимерные растворы или клеевые материалы.

При срастании бетонов по шву наблюдаются следующие процессы. При стыковании бетонов на портландцементе в результате химических реакций, происходящих в плоскостях стыкования, образуются кристаллы  $Ca(OH)_2$  связывающие оба бетона в одно целое и служащие «сшивкой». Сила сцепления, обуславливаемая этим явлением, в начальный период невелика, и в это время необходим тщательный уход за бетоном, обеспечивающий полноту реакций его твердения, и также применение мероприятий способствующих полному контакту бетонов.

Процесс сцепления зависит от свойств как нового бетона (химическая активность, пластичность), так и контактирующего с ним старого (пористость, водопоглощение, адсорбция, шероховатость). В большинстве случаев сцепление одного материала с другим обуславливается одновременно несколькими явлениями: молекулярным и электрическим притяжением между частицами; срачиванием на гра-

нице раздела кристаллов веществ, образующихся в процессе твердения вяжущего с кристаллами материала, находящегося в контакте; образованием новых веществ в результате химической реакции между вяжущим и контактирующим с ним материалом.

Действительно, поверхность старого бетона представляет собой отвержденный цементный камень, который обволакивает наполнитель. Таким образом, сцепление старого и нового бетонов будет осуществляться по поверхности, не обладающей адгезионной способностью. Наличие в составе нового бетона крупного и мелкого заполнителей также не предопределяет адгезионной способности нового бетона. Единственный фактор, который может осуществлять склеивание на контакте, — неотвержденный цементный раствор, обладающий незначительными адгезионными свойствами. Прочность соединения в данном случае существенно меньше когезионной прочности монолитного бетона.

Увеличение адгезионной способности нового бетона к старому происходит при введении в него пластифицирующих добавок, а также некоторых ускорителей твердения ( $CaCl_2$ ,  $Na_2CO_3$ , жидкого стекла).

При строительстве и ремонте подземных сооружений применяют коллоидный цементный раствор с добавками [1, 2]. Для его пластификации вводят дивинилстирольный латекс СКС-65 ГП либо бутадиен-метилметакрилатный. В качестве полимерных добавок используют полиамидную смолу №39 в количестве 0,5 массы цемента, водорастворимую эпоксидную смолу ДЭГ-1, дивинилстирольный латекс СКС-65 ГП [1].

Введение латекса СКС-65 ГП в количестве 10-20% массы цемента позволяет в 2-2,5 раза снизить модуль деформации бетона до  $(1-1,5) \cdot 10^4$  МПа вместо  $(3-3,5) \cdot 10^4$  МПа для обычных бетонов. Однако наличие латекса резко снижает водостойкость шва.

Для склеивания старого бетона с новым применяют полимерные клеи и компаунды, обладающие повышенной водонепроницаемостью, прочностью, трещиностойкостью, а также высокой адгезией к бетону.

Высокой адгезией к бетону обладают полимеры, содержащие гидроксильные, карбоксильные, эпоксидные и другие полярные группы, способные обеспечивать водородные связи с поверхностными гидроксильными группами, а также ион-дипольное и химическое взаимодействие. Так как адгезия в основном определяется химическими связями, то наибольший ее показатель следует ожидать в точках контакта с  $SiO_2$ . Однако на контакте бетона с полимером новообразований, вызванных химическим взаимодействием адгезива и субстрата, нет.

При выборе клеев следует учитывать не только их прочность, но и надежность и долговечность. Особую роль играют внутренние напряжения и релаксационные средства, которые в условиях формирования и эксплуатации клеев часто определяют их поведение во времени.

Для ремонта железобетона и соединения отдельных его элементов широко применяют клеи разных составов на основе эпоксидных смол [3]. Они обладают широким диапазоном технологической жизнеспособности за счет применения комбинированных отвердителей. Разработана технология склеивания бетонных поверхностей при отрицательной температуре среды с применением токопроводящих прокладок из эпоксидного клея. Их использование для соединения бетона целесообразно для незначительных площадей склейки, определяемых прежде всего технологическими характеристиками клея. Высокая вязкость наполненных эпоксидных клеев, их сравнительно невысокая технологическая жизнеспособность, высокая стоимость и сложность переработки больших масс клея затрудняет их применение для соединения старого и нового бетонов при возведении массивных монолитных сооружений. Поэтому для склеивания бетонов необходимо использовать клеи технологичные, дешевые, которые можно без труда наносить на большие площади.

Соединение бетонов акриловыми клеями имеет ряд преимуществ перед использованием для этих целей других полимеров. Они по адгезионным и когезионным свойствам не уступают существующим (например, эпоксидным), но обладают лучшими технологическими свойствами и стоят дешевле указанных на 16-24%.

Физико-механические свойства акриловых клеев достаточно описаны в работах [4, 5]. Результаты определения прочности соединений старого бетона с новым в зависимости от разных факторов описаны в работе [4]. Однако вопросам технологии омоноличивания старого бетона новым почти не уделено внимания.

Кроме полимерных для этих целей могут использоваться коллоидные клеи.

Цементные коллоидные клеи можно изготавливать на различных видах цемента. Довольно высокую прочность стыков показал клей, изготовленный на основе цемента, домолотого до удельной поверхности  $5000-7000 \text{ см}^2/\text{г}$ . При изготовлении таких клеев можно использовать быстросхватывающиеся, портландские и глиноземистые цементы. Применение портландцементов дает наибольшую прочность, сцепление нового бетона со старым на глиноземистом цементе меньше на 20-50%. Сцепление нового раствора на портландцементе с раствором,

затвердевшим на глиноземистом цементе выше, чем сцепление растворов, приготовленных на одном глиноземистом цементе. Прочность сцепления зависит также от прочности бетона омоноличивания, например, при изгибе она составляет от прочности монолитного образца 49, 57 и 69% соответственно для бетонов классов В30, В40 и В50. Повышение прочности бетона омоноличивания на класс увеличивает предел прочности сцепления при изгибе примерно на 20 %. Прочность сцепления при изгибе также увеличивается при повышении прочности нового бетона, но до определенного предела ( $R_{сдг} = 16$  МПа).

Прочность соединений снижается при усадках бетона, поэтому более целесообразно использовать для омоноличивания не обычный усадочный цемент, а расширяющийся. При этом прочность сцепления зависит от типа применяемых расширяющихся цементов. Сцепление на расширяющемся портландцементе в 2-3 раза выше, чем на обычном, но значительно ниже, чем на гипсоглиноземистом расширяющемся цементе.

При укладке бетона осуществляется вибрирование, что улучшает сцепление нового бетона со старым. Из ряда вибрационных воздействий оптимальна вибрация с параметрами 10 и 14 тыс. колебаний в 1 мин с амплитудами соответственно 0,3 и 0,1 мм. Вибрация влияет на эффективность укладки жестких бетонных смесей, а также снижает вязкость и повышает пластичность, что способствует хорошему контакту поверхностей. Повторное вибрирование и перерыв в бетонировании от 2 до 4 ч не оказывает существенного влияния на прочность сцепления бетона. Для увеличения сцепления при приготовлении цементного клея можно применять виброперемешивание. Оно служит для разрушения коагуляционных структур в цементном тесте и понижения его вязкости. Увлажнение склеивающих поверхностей приводит к увеличению сцепления.

Наибольшую адгезионную прочность обеспечивают высоковязкие клеи с  $B/C = 0,25...0,3$ , наносимые на поверхность с кратковременными вибрационными воздействиями до 30 с.

К подобным клеям относятся цементно-жидкостекольные (ЦЖК). Быстрое твердение смесей, содержащих цемент и растворимое стекло, — это результат химической реакции [6]  $Na_2SiO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow nCaOSiO_3 + nNaOH + mSi(OH)_4$ , где между жидким стеклом и цементом происходит мгновенное взаимодействие и образуются гидросиликаты кальция и гель кремниевой кислоты. Для устранения этого явления используют добавки, которые в присутствии жидкого стекла замедляют гидратацию цемента и не приводят к быстрому гелеобразованию, а именно: одно- и двухзамещенный фосфорнокислый кальций

$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ ,  $CaHPO_4 \cdot H_2O$ , аммофос  $NH_4H_2PO_4$ , тринатрий-фосфат  $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ .

Введение однозамещенного фосфорнокислого калия в жидкое стекло в кристаллическом виде приводит к быстрому образованию геля. При 10%-ном растворе этой соли гель не образуется, но прочность смеси при сжатии составляет всего 5-6 МПа.

При введении в клей одновременно цемента и раствора однозамещенного фосфорнокислого кальция получается удобоукладываемый раствор. После твердения прочность его на сжатие почти не увеличивается и составляет 6-8 МПа. Введение двухзамещенного фосфорнокислого кальция в жидкое стекло в любых концентрациях не приводит к образованию геля. Однако при этом совершенно не происходит твердения. При добавлении в клей цемента мгновенно происходит гелеобразование.

Таким образом, однозамещенный фосфорнокислый кальций замедляет гидратацию цемента, поскольку при введении цемента не происходит мгновенного гелеобразования и раствор имеет незначительную прочность. При совместном введении этих добавок жизнеспособность составов увеличивается до 30 мин. При этом прочность на сжатие достигает 10 МПа.

Добавка аммофоса  $(NH_4)_2HPO_4$ , введенного в жидкое стекло в твердом виде, приводит к быстрому гелеобразованию. Поэтому его вводят в виде суспензии 10%-ной концентрации. Более высокая концентрация его также приводит к мгновенному гелеобразованию. Без добавки цемента твердения не происходит. С цементом жизнеспособность составляет 30-40 мин.

Надежность соединения старого бетона с новым обеспечивается при соблюдении следующих условий: применения материалов соответствующего качества; выполнения работ специально обученным персоналом; тщательного пооперационного контроля качества бетона и клея, а также выполнения всех технологических процессов очистки поверхности старого бетона, приготовления клея, нанесения его на поверхность, укладки нового бетона, температурного режима твердения клея.

Выше показано, что для омоноличивания старого бетона новым применяются различные клеи как на цементной основе, так и на полимерной. Однако полимерные клеи дают более высокие результаты по прочностным и деформативным свойствам. Поэтому они более применимы при строительстве зданий и сооружений [2, 3].

1. Известия ВНИИ гидротехники им. В.Е.Вернадского. Вып. 119. — М., 1987. — 252 с.

2.Справочник по клеям и клеящим мастикам в строительстве / Под ред. В.Г.Микульского, О.Л.Фиговского. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.

3.Методические рекомендации по омоноличивают старого бетона новым с применением клеев / Харьковский ПромстройНИИпроект Госстроя СССР. – Харьков, 1985. – 14 с.

4.Шутенко Л.Н., Псуреца Н.А., Душин В.В. и др. Опыт применения клеевых соединений в строительстве. – Харьков: НТО Стройиндустрии, 1989. – 98 с.

5.Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Гарбуз А.О.Ресурсосберегающий модифицированный акриловый клей с повышенной адгезионной прочностью и термостойкостью // Збірник наукових праць РДТУ. Вип. 3. – Рівне: РДТУ, 1999. – С. 57-63.

6.Черкасский И.Г., Серкова З.В., Ляхович И.А. Омоноличивание рабочих стыков конструкций цементно-жидкостекольным клеем // Бетон и железобетон. – 1985. – № 5. – С. 38-39.

Получено 21.05.2002

---

## КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО

---

УДК 532.517.4

О.Г.ИСАКИЕВА

*Харьковский государственный технический университет  
строительства и архитектуры*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В БИОКАНАЛАХ, ЗАРОСШИХ НЕВЫСОКОЙ ГИБКОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ**

Приводятся теоретические и экспериментальные данные для потоков с гибкой растительностью. Приведены математические модели (Герберта, Феллиса-Стритера) процессов переноса загрязняющих веществ в турбулентном потоке. Разработана эмпирическая модель для решения практических задач гидравлики каналов. Рассматривается математическое моделирование процессов переноса загрязняющих веществ в биоканалах и биоплато с невысокой гибкой растительностью, в которых происходят гидродинамические и биохимические процессы. Под действием последних происходит окисление загрязняющих веществ и снижение их концентрации в каналах, транспортирующих воду на большие расстояния. Сопоставляются результаты численной реализации разных модификаций математических моделей процессов переноса в различного типа реакторах.

Воздействие гидротехнического строительства на водные объекты характеризуется многообразием и сложностью в силу взаимодействия множества факторов и трудности прогнозирования возможных последствий. Особенно важен прогноз водного режима, распределение во времени и пространстве скорости течения, температуры воды, концентрации растворенного кислорода, биогенных элементов, скорости продукционных процессов и, в конечном итоге, общего состояния